

FOLIA FORESTALIA⁵¹³

METSÄNTUTKIMUSLAITOS · INSTITUTUM FORESTALE FENNIAE · HELSINKI 1982

HANNU KALAJA JA JARI RANTAMAULA

JUNKKARI LAIKKAHAKKURIT

JUNKKARI DISC CHIPPERS



METSÄNTUTKIMUSLAITOS
THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Osoite: Unioninkatu 40 A
Address: SF-00170 Helsinki 17, Finland

Puhelin: (90) 661 401
Phone:

Ylijohtaja: <i>Director:</i>	Professori <i>Professor</i>	Olavi Huikari
Yleisinformaatio: <i>General information:</i>	Tiedotuspäällikkö <i>Information Chief</i>	Tuomas Heiramo
Julkaisujen jakelu: <i>Distribution of publications:</i>	Kirjastonhoitaja <i>Librarian</i>	Liisa Ikävalko-Ahvonon
Julkaisujen toimitus: <i>Editorial office:</i>	Toimittaja <i>Editor</i>	Seppo Oja

Metsäntutkimuslaitos on maa- ja metsätalousministeriön alainen vuonna 1917 perustettu valtion tutkimuslaitos. Sen päätehtävänä on Suomen metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsäntutkimustyötä tehdään lähes 800 hengen voimin yhdeksällä tutkimusosastolla ja yhdeksällä tutkimus- ja koeasemalla. Tutkimus- ja koetoimintaa varten laitoksella on hallinnassaan valtionmetsiä yhteensä n. 150 000 hehtaaria, jotka on jaettu 17 kokeilualueeseen ja joihin sisältyy kaksi kansallis- ja viisi luonnonpuistoa. Kenttäkokeita on käynnissä maan kaikissa osissa.

The Finnish Forest Research Institute, established in 1917, is a state research institution subordinated to the Ministry of Agriculture and Forestry. Its main task is to carry out research work to support the development of forestry and the expedient use of forest resources and forests. The work is carried out by means of 800 persons in nine research departments and nine research stations. The institute administers state-owned forests of over 150 000 hectares for research purposes, including two national parks and five strict nature reserves. Field experiments are in progress in all parts of the country.

FOLIA FORESTALIA 513

Metsäntutkimuslaitos. Institutum Forestale Fenniae. Helsinki 1982

Hannu Kalaja ja Jari Rantamäula

JUNKKARI LAIKKAHAKKURIT

Junkkari disc chippers

KALAJA, H. & RANTAMAULA, J. 1982. Junkkari laikkahakkurit. Abstract: Junkkari disc chippers. *Folia For.* 513:1—19.

Tutkimus selvittää Junkkari hakkureiden haketustyön tuotosta ja kustannuksia, hakkeen korjuun työmenetelmiä, hakkeen käyttäjien kokemuksia sekä muita haketukseen liittyviä kysymyksiä.

Maatila, jolla kuluu 6 000 dm³ kevyttä polttoöljyä vuodessa, tarvitsee hakelämmitykseen siirtyessään vuosittain noin 40 m³ (100 i-m³) haketta. Haketustyön tuotos isännänlinjan HJ 6 hakkurilla on 2—5 m³/h.

Urakoitsijanlinjan hakkureita tutkittiin kokopuun ja karsitun koivurangan haketuksessa väli-varastolla. HJ 10 hakkurin käyttötuntituotos kokopuuhaketuksessa oli 3,0 m³/h ja karsitun rangan haketuksessa 5,8 m³/h. Vastaavat tuotot luvut järeämmällä HJ 30 hakkurilla olivat 6,5 m³/h ja 9,5 m³/h.

Käyttäjien kokemukset hakkeen valmistamisesta ja polttamisesta ovat yleensä myönteisiä. Sen sijaan hakkeen varastointia pidetään hieman ongelmallisena.

The output, cost, methods of working, users' experience and other factors related to chipping with Junkkari chippers were studied.

A farm which uses annually 6 000 dm³ of light fuel oil, needs about 40 m³ (100 loose m³) of chips of transfer to chip heating. The output of light HJ 6 farm chippers is 2—5 m³/h.

The equipment made for contractors' use were studied in the chipping of whole-trees and delimbed birch stems at landing. The productive hour output of the HJ 10 chipper in the chipping of whole-trees was 3,0 m³/h and in the chipping of delimbed stems 5,8 m³/h. Corresponding output figures of the heavier HJ 30 chipper were 6,5 m³/h and 9,5 m³/h.

Users' experience of chipping and burning the chips is generally positive, whereas storing the chips is considered somewhat problematic.

ODC 363.7
ISBN 951-40-0565-1
ISSN 0015-5543

Helsinki 1982. Valtion painatuskeskus

ALKUSANAT

Tutkimus, joka kuuluu Metsäntutkimuslaitoksen PERA-projektiin, selvittelee maatilakäyttöön ja urakoitsijoille tarkoitettujen Junkkari hakkureiden työmenetelmiä, tuotosta ja hakkeen ominaisuuksia.

Tutkimus on tehty osaksi Keskusosuusliike Hankkijan Metsäntutkimuslaitokselle myöntämän määrärahan turvin. Keskusosuusliike Hankkijan puolesta on projekti-päällikkö Sakari Vapaakallio avustanut tutkimuksen toteuttamista monin tavoin.

Laite- ja menetelmäkehittäminen on suoritettu yhteistyössä Junkkari Oy:n kanssa, jonka puolesta toimitusjohtaja Jaakko Isosaari, tuotekehityspäällikkö Tapio Tarkkinen sekä insinööri Veikko Heimonen ovat antaneet suuren avun tutkimukselle.

Kenttäkokeiden suorittamisen mahdollisti maanviljelijä Timo Laalahden ja urakoitsijoiden Seppo Barskin ja Heikki Syväjärven myönteinen suhtautuminen. Hakesäkkikeilun osalta on oltu yhteistyössä Oy Aino Lindeman Ab:n Vaasan verkkotehtaan

sekä Turó Oy:n ja Rukka Oy:n kanssa.

Aineiston keräämisessä ovat avustaneet työnjohtajat Tapio Nevalainen ja Erkki Salo sekä tutkimusapulaiset Jukka Hakkila, Leena Kähkönen ja Veikko Salo. Dipl. ins. Kimmo Piirainen ja metsänhoitaja Timo Heikka suorittivat hakkureiden voimankäyttöä koskevat mittaukset. Metsät. yo. Seppo Manninen käsitteli hakkuria koskevan kyselytutkimuksen. Konekirjoitustyön teki rouva Aune Rytönen. Ensimmäisen värikuvasivun yläkuvan on ottanut Mauri Ylinen ja saman värikuvasivun alakuvan sekä toisen värikuvasivun oikeanpuoleisen alakuvan valokuvaaja Matti Ruotsalainen.

Käsikirjoituksen ovat lukeneet professorit Pentti Hakkila ja Matti Kärkkäinen.

Parhaat kiitokset kaikille työssä mukana olleille, erityisesti niille 129 Junkkari hakkurin omistajille, jotka ystävällisesti osallistuivat hakkurin käyttäjille osoitettuun kyselytutkimukseen.

Helsingissä maaliskuussa 1982

Hannu Kalaja

Jari Rantamäula

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	5
2. HAKE POLTTOAINEENA	5
3. KORJUUKOhteet	6
4. TUTKIMUSaineisto	6
5. JUNKKARI HAKKURIT	7
51. Kehitystaustaa	7
52. Tekniset tiedot	7
6. TYÖMENETELMÄT	8
7. HAKETUSTYÖN TUOTOS	11
71. HJ 6 hakkuri	11
72. HJ 10 ja HJ 30 hakkurit	12
8. HAKETUKSEN VOIMANKÄYTTÖ	15
9. HAKKEEN OMINAISUUDET	15
10. HJ 10 HAKKURIN KÄYTTÄJIEN KOKEMUKSIA	17
KIRJALLISUUS	19

1. JOHDANTO

Öljyn hinnan nopea kohoaminen on lisännyt kiinnostusta puun energiakäyttöön. Puun energiakäytön kasvu ei saa kuitenkaan johtaa metsäteollisuuden raaka-aineen saannin vaikeutumiseen, sillä kansantaloudellisesti puun teollinen jalostaminen on polttamista edullisempaa. Tästä syystä energiapuun hankinta on suunnattava markkinakelvottomaan pienpuuhun ja metsätähteeseen. Puitten pieni koko yhdessä korkeiden työvoimakustannusten kanssa aiheuttaa sen, että energiapuu on monissa tapauksissa edullisinta korjata hakkeena. Perinteiseen polttopuuhun verrattuna hakkeen valmistus ja käsittely on vaivattomampaa. Hakkeen syöttö lämmityskattilaan voidaan automatisoida.

Maatiloilla on erittäin hyvät mahdollisuudet lisätä energiapuun käyttöä, sillä ne voivat käyttää korjuussa maa- ja metsätaloutta varten hankittua kalustoa. Lisäksi ne saavat raaka-aineen omasta metsästä, ja kuljetusmatka käyttöpisteeseen jää

lyhyeksi. Maatiloille tarkoitettujen keveiden traktorisovitteisten hakkureiden kapasiteetti riittää hakkeen valmistamiseen myös tilan ulkopuolisille käyttäjille, mikä mahdollistaa sekä hakkureiden yhteiskäytön että tietyissä tapauksissa myös isännänlinjan urakoinnin esimerkiksi kunnallisille lämpökeskuksille.

Energiapuun käytön lisääminen edellyttää korjuulaitteitten ja menetelmien sekä hakekattiloitten ja niiden syöttölaitteitten kehittämistä edelleen. Tässä julkaisussa kuvattavan tutkimuksen tarkoituksena on ollut kehittää Junkkari-hakkureihin perustuvia työmenetelmiä sekä tutkia niiden soveltuvuutta polttohakkeen valmistukseen. Tutkimuksella on pyritty selvittämään haketus-työn tuotos erilaisia työmenetelmiä käytettäessä, haketuksen voimankäyttö sekä hakkeen polttoaineominaisuudet. Hakkurin käyttäjien kokemuksia on kartoitettu kyselytutkimuksen avulla.

2. HAKE POLTTOAINEENA

Hakkeen käyttöönottoa suunniteltaessa tulee ottaa huomioon mm. hakepuun saatavuus ja varastointi, polttolaitteiden vaatimat investoinnit ja hakkeen polttoaineominaisuudet. Hakkeen polttoaineominaisuuksista tärkeimpiä ovat käsiteltävyys, säilyvyys, syttyminen ja palaminen sekä tehollinen lämpöarvo, joka tarkoittaa puuta poltettaessa veden höyrystymisen jälkeen jäljelle jäävää lämpö määrää. Hakepuun tehollinen lämpöarvo riippuu mm. puulajista, puutavaralajista ja kosteudesta (ks. taulukko 1).

Polttoainekilon lämpöarvo on korkein hakkutähdehakkeessa sekä taimistojen nuoresta raivauspuusta tehdyssä kokopuuhakkeessa. Tämä johtuu viheraineen, kuoren ja oksien suuresta osuudesta. Männyn lämpöarvo on painoysikköä kohti laskettuna hieman kuusta ja koivua korkeampi. Suuren puuaineen tiheyden ansiosta on kiintokuutiometrin lämpöarvo kuitenkin selvästi suurin koivun puutavaralajeilla.

Kosteuden lisääntyminen alentaa puun tehollista lämpöarvoa, sillä osa puun energiasisällöstä kuluu puun sisältämän ja palamisessa syntyvän veden höyrystämiseen. Käytännössä puun kosteuden vaikutus teholliseen lämpöarvoon on kuitenkin verraten pieni.

Sen sijaan kosteus vaikuttaa erittäin voimakkaasti polton hyötysuhteeseen eli talteen saatavaan lämpö määrään. Tämän vuoksi on kosteutta pyrittävä alentamaan polttopuuta korjattaessa ja varastoitaessa.

Kosteuden ollessa 40 % tuorepainosta irtokuutiometri haketta vastaa lämpöarvoltaan puulajista riippuen 60...80 dm³ kevyttä polttoöljyä, jonka lämpöarvo on 42,6...42,9 MJ/kg. Suhdeluku muuttuu puun kosteuden mukana. Tuhannen öljylitran korvaamiseen tarvitaan siis 12...17 i-m³ haketta. Tarve on pienin koivulla ja suurin lepällä, jonka puuaine on selvästi kevyempää. Laskelmassa on oletettu, että haketta poltettaessa hyötysuhde on 15 prosenttiyksikköä alhaisempi kuin öljyllä.

Vastaavasti voidaan haketta verrata myös muihin polttoaineisiin, joiden lämpöarvo on seuraava:

	MJ/kg
Turve vedettömänä	20,5...22,5
Ruskohiili	20,2...24,3
Kivihili	28,5...33,1
Raskas polttoöljy	40,2...41,1

Taulukko 1. Eräiden puutavaralajien tehollinen lämpöarvo kosteudesta riippuen (vrt. Olofsson 1975 ja Hakkila 1978).

Table 1. The effective fuel value of certain fuel wood assortments as a function of moisture content (cf. Olofsson 1975 and Hakkila 1978).

Puutavaralaji Assortment	Puulaji Species	Kosteus, % — Moisture content, %			
		0	20	40	60
		MJ/kg*			
Kuorellinen pinopuu <i>Unbarked stemwood</i>	Mänty — <i>Pine</i>	19,3	18,7	17,6	15,6
	Kuusi — <i>Spruce</i>	19,1	18,5	17,5	15,5
	Koivu — <i>Birch</i>	19,5	18,9	17,9	15,8
Taimistojen kokopuuhaake <i>Whole-tree chips from cleanings</i>	Mänty — <i>Pine</i>	20,5	19,8	18,8	16,8
	Kuusi — <i>Spruce</i>	19,6	19,0	18,0	16,0
	Koivu — <i>Birch</i>	19,6	19,0	18,0	15,9
Harvennusten kokopuuhaake <i>Whole-tree chips from thinnings</i>	Mänty — <i>Pine</i>	19,6	19,0	18,0	15,9
	Kuusi — <i>Spruce</i>	19,2	18,6	17,6	15,5
	Koivu — <i>Birch</i>	19,0	18,4	17,4	15,4
Hakkuutähdehaake neulasineen <i>Chips from logging residues with needles</i>	Mänty — <i>Pine</i>	20,5	19,9	18,9	16,8
	Kuusi — <i>Spruce</i>	19,8	19,2	18,2	16,2

*Megajouleina absoluuttisen kuivaa puukiloa kohti. — In megajoules per kilogram of absolutely dry wood.

3. KORJUUKOhteet

Markkinakelvotonta pienpuuta saadaan mm. taimikonhoitotöiden ja ensiharvennusten yhteydessä. Vajaa-tuottoiset metsät sekä avohakkuualat ovat myös tärkeitä energiapuun lähteitä.

Lähes jokaisella maatilalla on sellaista jätettä, jota voidaan hakettaa polttoaineeksi. Esimerkkeinä mainittakoon peltojen reunamilla olevat lepikot ja koivikot, ojanvarspensaikat, taimistojen harvennukset ja perkauspuu sekä markkinahakkuiden tuottamat hakkuutähteet.

Tilalla, jolla on 20 ha kasvullista metsämaata ja tasainen kehitysluokkarakenne, voidaan vuosittain ottaa talteen noin 30 m³ jätettä edellyttäen, että hakkuut ovat säännöllisiä (Mattson ja Sundstedt

1978). Määrä vastaa noin 70 i-m³ haketta eli 4—6 tonnia kevyttä polttoöljyä, joka riittää keskikokoisen tilan lämmittämiseen. Yhtä metsähehtaaria kohti voidaan siis vuosittain saada 3...4 i-m³ haketta käyttämättä lainkaan ainespuuta. Maatilan lämmöntarpeen tyydyttämiseen tarvitaan Etelä- ja Keski-Suomessa täten 20...30 ha kasvullista metsämaata. Pohjois-Suomessa vastaava luku saattaa olla puun hitaamman kasvun ja suuremman lämmöntarpeen vuoksi jopa 100...150 ha. Mikäli kasvullinen metsäpinta-ala on pienempi, joudutaan lämmityksessä käyttämään osaksi ainespuuta (Oksanen, Nurmisto ja Sippola 1980).

4. TUTKIMUSaineisto

Haketustyön tuotosta koskevat aikatutkimukset tehtiin vuosina 1978...1982. Isännänlinjan hakkuria (HJ6) koskeva tutkimusaineisto kerättiin vuosina 1978...1980 Vihdissä Laalahden tilalla sekä vuonna 1980 Ylihärmässä. Urakoitsijanlinjan hakkureita HJ 10 ja HJ 30 tutkittiin vuosina 1981...1982 Ylitorniolla. Hakkeen määrä eri tuotoskokeissa oli seuraava:

Koe	Hakkuri	Työmenetelmä	Haketta	
			i-m ³	m ³
1	HJ 6	Kokopuun varastohaketus (Laalahti-menetelmä)	16,8	6,7
2	—	Kokopuun, roiskekarsitun rangan ja karsitun rangan varastohaketus traktorin perävaunuun	101,4	40,6
3	—	Karsitun rangan sekä latvusten palstahaketus (Laalahti-menetelmä)	58,1	23,2

4	—	Kokopuun palstahaketus hakesäkkiin	31,7	12,7
5	HJ 10	Karsintun rangan ja kokopuun varastohaketus traktorin perävaunuun	384,4	149,9
6	HJ 30	Karsitun rangan ja kokopuun varastohaketus traktorin perävaunuun	632,8	253,1

Haketuksen voimankäyttöä koskevat mittaukset tehtiin joulukuussa 1980 Helsingin yliopiston metsäharjoitteluasemalla Hyytiälässä. Hakkureiden käyttökoneena oli teholtaan 36 kW:n Valmet 502 maatalous-traktori. Mittauksissa käytettiin seuraavaa laitteistoa:

- vääntömomenttianturi HBM T30FN
- mittavahvistinsarja HBM MD.N.MZ.D8

- Metsäntutkimuslaitoksella rakennettu elektroninen huippuarvonilmaisin
- FM-konvertteri Danica FAC 1b
- nauhuri Stellavox SP 7

Käyttäjien kokemuksia kartoitettiin kyselytutkimuksella, joka lähetettiin joulukuussa 1980 215 Junkkari hakkurin omistajalle. Kaavakkeessa, jonka palautti 129 vastaajaa, oli vaihtoehtokysymyksiä vaikuttaneet tekijät

- Hakkurin hankintapäätökseen vaikuttaneet tekijät
- Hakkeen käyttömäärä ja tarkoitus
- Hakkeen raaka-aine
- Hakkeen tekomenetelmät
- Hakkeen varastointi
- Hakkeen käsittely ja poltto
- Parannusehdotukset

Osa kyselytutkimuksen tuloksista on sisällytetty vastaaviin kohtiin luvuissa 6, 8 ja 9 sekä osa käyttäjien kokemuksia kuvaavaan lukuun 10.

5. JUNKKARI HAKKURIT

51. Kehitystaustaa

Alavuden Tehdas Oy valmisti jo vuonna 1956 maataloustraktorin perään kiinnitettävän AST-hakkurin, joka oli tarkoitettu lähinnä karsituille rangoille maatilakäyttöön. Polttihakkeen käytön tyrehtyttyä 1960-luvulla valmistus lopetettiin, mutta energiakriisin jälkeen hakkuri tuli uudelleen markkinoille vuonna 1974. Vuodesta 1974 vuoden 1978 syksyyn hakkuria valmistettiin jo 750 kappaletta, joista peräti 500 markkinoitiin ulkomaille, lähinnä Ruotsiin.

Vuoden 1978 syksyllä hakkurin valmistus siirtyi Junkkari Oy:lle Ylihärmään. Valmistusohjelma käsittää kevyen isännänlinjan hakkurin (malli HJ 6) lisäksi nyt myös kaksi urakoitsijanlinjan hakkuria (mallit HJ 10 ja HJ 30).

Junkkari Oy on valmistanut vuoden 1978 jälkeen 800 kevyttä isännänlinjan hakkuria, joita markkinoi Keskusosuusliike Hankkija. Urakoitsijoille tarkoitettuja HJ 10 hakku-reita, joitten tuotanto alkoi vasta 1981, on helmikuuhun 1982 mennessä valmistettu 100 kappaletta. HJ 30 hakkureista valmistuu kevään 1982 aikana ensimmäinen sarja.

52. Tekniset tiedot

HJ 6 hakkuria valmistetaan sekä pakko-syöttölaitteella varustettuna että ilman sitä. Tässä hakkurissa on hammaspyörä-

vaihteisto, jonka välityssuhde on 3,6:1. Isoissa hakkureissa pakko-syöttölaite on vakiovarusteena. HJ 10 hakkurin syöttö-telat saavat käyttövoimansa joko traktorin kaksitoimisesta hydraulikasta tai traktorin voimanottoakselin pyörittämästä hydraulipumpusta. HJ 30 hakkurin syöttötelojen eteen voidaan liittää 260 cm:n pituinen syöttökouru, jonka pohjalla on 36 cm leveä kuljetin.

Junkkari hakkureiden tärkeimmät tekniset tiedot ovat seuraavat:

	HJ 6	HJ 10	HJ 30
— valmistajan ilmoittama tehontarve, kW	30...55*	22...55	50...100
— terälaikan halkaisija, cm	63	80	106
— laikan paino terineen, kg	93	175	400
— terien lukumäärä, kpl	3	2 tai 4	2
— välityssuhde	3,6:1	1:1	1:1
— traktorin voimanottoakselin nopeus, r/min	540	540	540
— puun suurin halkaisija, cm	16	25	30
— hakkeen pituus säädettävissä, mm	6...26	6...26***	20...40
— hakkurin paino kg	340*	580**	1200

* Jos HJ 6 varustetaan syöttölaitteella, sen tehontarve on valmistajan ilmoituksen mukaan 22—55 kW ja kokonaispaino 455 kg.

** Jos HJ 10 varustetaan omalla hydraulikalla, sen kokonaispaino on 650 kg

*** Jos HJ 10 varustetaan 4 terällä, hakkeen pituus on säädettävissä välillä 6—26 mm. Hakkeen pituus 2-teräisellä laikalla on vastavasti 20—40 mm.

HJ 6 hakkuri kiinnitetään maatalous-traktorin kolmipistekiinnitykseen. Sen pieni koko mahdollistaa aisajatkkeen avulla perävaunujen kytkemisen hakkurilla varustettuun traktoriin, jolloin hake voidaan puhalttaa suoraan perävaunuun. Hakkuri ei heikennä yksikön maasto-ominaisuuksia oleellisesti. Isännänlinjan hakkuri JH 6 on pääsääntöisesti käsisyöttöinen.

Myös HJ 10 hakkuri kiinnitetään traktorin kolmipistekiinnitykseen. Sen syöttö voidaan suorittaa joko käsin tai traktorin

kourakuormaimella. Sen sijaan HJ 30 hakkuri on rakennettu yksiakseliselle pyöräalustalle ja kysymykseen tulee ainoastaan konesyöttö.

Vakiovarusteisen HJ 6 hakkurin vähittäismyyntihinta oli talvella 1982 9 230 mk. Syöttölaitteella varustettuna sen hinta oli vastaavasti 16 400 mk. Kevyt urakoitsijanlinjan hakkuri (HJ 10) maksoi 28 400 mk ja HJ 30 hakkuri 78 500 mk ja 2,5 m pitkällä syöttökuljettimella 88 500 mk.

6. TYÖMENETELMÄT

Koska kosteus vaikuttaa sekä puun teholliseen lämpöarvoon että polton hyötysuhteeseen, sitä on pyrittävä alentamaan jo hakepuun korjuu- ja varastointivaiheessa. Puuta voidaan kuivattaa myös hakkeena esimerkiksi harvarakenteisissa katetuissa laatioissa tai hakevaraston lämmin- tai kylmäilmapuhalluksella. Yksinkertaisempaa on kuitenkin kuivattaa puut jo ennen haketusta käyttämällä hyväksi auringon lämpöä.

Kevät- ja kesäaikana tähän voidaan käyttää rasiinkaatoa, jolloin kaadetut puut jätetään karsimattomina pieniin kasoihin maahan muutamaksi viikoksi. Puiden kuivuminen perustuu elävän latvuston haihdutustoimintaan. Tulokset vaihtelevat säästä ja metsikköoloista riippuen, mutta keskimääräisissä oloissa on puun tuorepainosta laskettu kosteus alentunut 3...6 viikon kuivatuksen aikana 10...15 prosenttiyksikköä (vrt. Hakkila 1962, Simola ja Mäkelä 1976, Alhojärvi 1981). Epäedullisissa sääoloissa rasikuivatus saattaa epäonnistuaakin. Rasikuivatuksen hyöty on normaalioloissa vuoden 1981 alun energian hinnoilla varovaisestikin laskien keskimäärin yli 10 mk kiintokuutiometriä kohti (vrt. Kärkkäinen 1981).

Haketettavat puut voidaan kuivattaa myös rankapinoissa, mutta silloinkin on syytä käyttää aluksi rasiinkaatoa. Pinot tulee tehdä aurinkoiselle, kuivalle ja tuuliselle paikalle. Aluspuitten tulee olla niin korkeat, että ilma pääsee kiertämään myös pinon alapuolelta. Poikittaiset välipuut edistävät puiden kuivumista. Kasan peittäminen esimerkiksi muovilla parantaa kuivumista ja hidastaa puiden vettymistä syksyllä.

Kyselytutkimukseen vastanneista hakkurin käyttäjistä 61 % käytti rasiinkaatoa. Viidennes vastaajista kuivatti puita pinossa ja 14 % haketti puut lähes tuoreena. Valmistusta haketta kuivatti ilmapuhalluksen avulla 8 % vastaajista.

Puut voidaan kaataa moottorisahalla, raivaussahalla tai vesurilla. Kaatotyö kevenee, kun moottorisahan lisälaitteena käytetään kahvakehikkoa (kuva 1). Tällöin puut voidaan kaataa selkää suorana, ja kasauksessa voidaan käyttää hyväksi kaatuvan puun liike-energiaa.

Luopuminen puiden karsimisesta nopeuttaa tekovaihetta ja lisää talteen saatavan polttoaineen määrää 20...30 %:lla. Toisaalta oksat hankaloittavat puiden syöttöä, ja niistä syntyvät tikut saattavat vaikeuttaa hakkeen puhallusta ja polttoa. Oksien aiheuttamaa haittaa voidaan pienentää hakettamalla puut ylivuotisina, jolloin oksat katkeilevat helposti. Toinen keino vähentää hakkeen tikkuisuutta on pitää hakkurin terät terävinä, mikä on erittäin tärkeää myös haketustyön tuotoksen kannalta. Niin sanotussa roiskekarsinnassa puusta karsitaan vain enimmäkseen oksat ja katkaistaan latvan kärkiosa, jolloin puiden kasaus ja haketus kevenevät sekä hakkeen tikkuisuus vähenee huomattavasti.

Lähes puolet kyselytutkimukseen vastanneista haketti puut karsimattomina. Tällä pyritään vähentämään työtä ja tehostamaan raaka-aineen talteenottoa. Karkeaa karsintaa käyttää kolmannes ja huolellista karsintaa neljännes vastaajista. Karsinnan tarkoituksena on helpottaa puitten kuljetusta, keventää siirtely- ja haketustyötä ja vähen-



Kuva 1: Kaatokahvojen käyttö keventää ja nopeuttaa pienten puiden kaatoa ja kasausta.
Figure 1: The felling frame lightens and speeds up manual felling and bunching of small-sized trees.

tää hakkeen tikkuisuutta. Havupuut ja latvat karsitaan lehtipuita useammin.

	Haketettavan puun karsinta-aste			Yhteensä
	Hyvin karsittu	Karkeasti karsittu	Karsimaton	
Vastausten jakauma, %				
Kuusi pienpuu	28	34	38	100
Mänty ”	27	38	35	100
Koivu ”	22	34	44	100
Leppä ”	22	31	47	100
Muu ”	16	26	58	100
Latvat	29	36	35	100

Metsässä yli puolet hakettaa puut karsimattomina. Karsiminen yleistyy haketuksen siirtyessä välivarastolle ja käyttöpaikalle, mikä johtuu karsimattomien puiden käsittelyn ja kuljetuksen hankaluudesta.

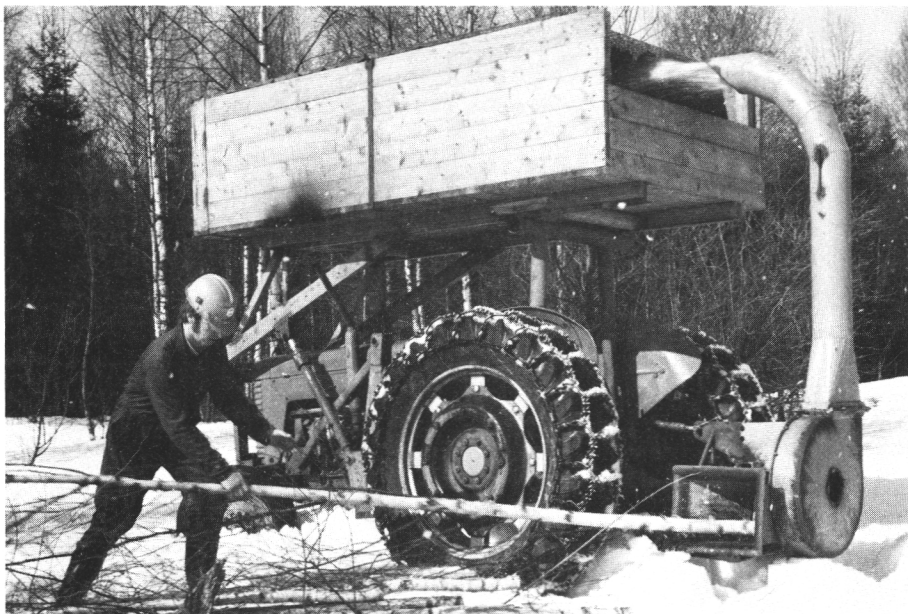
Työmenetelmät vaihtelevat sen mukaan haketetaanko puut palstalla, välivarastolla vai hakkeen käyttöpaikalla. Junkkari hakureita käytettäessä on sovellettu ainakin seuraavia työmenetelmiä.

1. Haketus suoritetaan palstalla tai välivarastolla traktorin perävaunuun (värisivu 1). Varastolla puut voidaan hakettaa myös irrotettuun perävaunuun tai maassa olevaan vaihtolavaan. Perävaunun käyttö palstalla edellyttää verraten tasaista ja kantavaa maastoa.
2. Puut haketetaan maataloustraktorin katolle asennettuun 4,5 m³:n kipattavaan säiliöön (kuva 2).

Tämä niin sanottu Laalahti-menetelmä helpottaa ajouralla tapahtuvaa haketusta, sillä perävaunun traktori kykenee liikkumaan ja kääntymään kapeillakin urilla. Hakesäiliö voidaan tyhjentää joko traktorin perävaunuun tai suoraan hakevarastoon. Menetelmän käyttö rajoittuu kuitenkin helppokulkuiseen maastoon, sillä traktorin painopiste on korkealla ja vajaa kuorma saattaa liikkua traktorin kallistellessa. Säiliön kippauskorkeus on 2,1 m.

3. Haketus tapahtuu palstalla hakesäkkiin, joka on kiinnitetty yläreunastaan hakkurin haketorven varaan rakennettuun telineeseen (kuva 3). Hakesäkin pohja voidaan tukea vaikkapa hakkurin yhteyteen asennetun lantatalikon piikkien päällä. Hakesäkkimenetelmällä pyritään ratkaisemaan hankintahaketuksen ja yleensäkin pienten hakeerien käsittelyyn liittyviä metsävarastoinnin ja kaukokuljetuksen ongelmia. Hakesäkin tilavuus on noin 1 m³. Säkin suuaukko suljetaan kuristusnauhalla. Menetelmän käyttö on rajoittunut toistaiseksi vain lyhytaikaisiin kokeisiin.
4. Puut haketetaan suoraan latoon, siiloon tai muuhun katettuun varastoon, jolloin välttyään hakkeen välikäsittelyltä. Menetelmä soveltuu parhaiten karsituille rangoille, sillä kokonaisten puiden kuormaaminen ja purkaminen ja syöttäminen suurilta kasoilta käsin hakkuriin on raskasta ja aikaa vievää työtä.

Työmenetelmien keskinäinen edullisuus riippuu leimikko- ja maastotekijöistä, kuljetusmatkoista, hakkeen varastointitavasta, polttolaitteista ja käytettävästä kalustosta. Menetelmä tulee valita järjestelmän kokonaisuutta tarkastellen.



Kuva 2: Laalahti-menetelmä.
Figure 2: The Laalahti method.

Värisivu 1 — The color page 1:

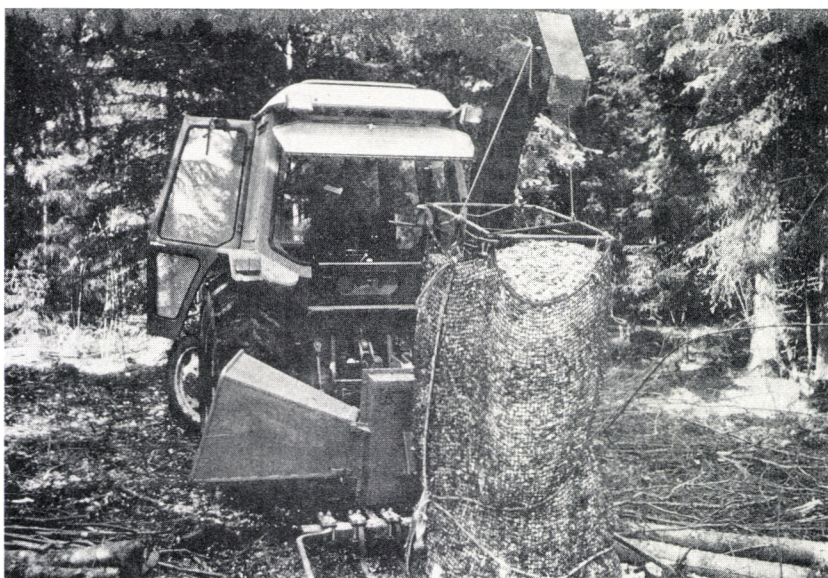
Yläkuva: Mäntykokopuun haketusta palstalla traktorin perävaunuun.

Above: Chipping whole-tree pine on terrain to a tractor trailer.

Alakuva: Lehtikokopuun haketusta hydraulisyöttölaitteella varustetulla HJ 6 SL hakkurilla väli-varastolla.

Below: Chipping undelimbbed hardwood at landing with HJ 6 SL chipper, equipped with hydraulic feeding device.





Kuva 3: Hakesäkkimenetelmä mahdollistaa palstahaketuksen verraten huonoissakin maasto-oloissa.

Figure 3: The chip sack method makes it possible to chip on terrain also in rather poor conditions.

7. HAKETUSTYÖN TUOTOS

71. HJ 6 hakkuri

Ensimmäisessä kokeessa tutkittiin leppäkokopuun koon vaikutusta haketustyön tuotokseen kesäoloissa varastohaketuksessa. Puiden oksaisuusluokka oli 2...3. Tässä lyhytaikaisessa kokeessa kokopuukat oli järjestetty läpimittaluokittain siten, että syöttötyö saattoi tapahtua keskeytyksittä, joten työn tuotos nousi poikkeuksellisen korkeaksi. Tulokset osoittavat läpimitan vaikutuksen tuotokseen, mutta sellaisenaan ne eivät siis anna kuvaa haketustyön yleisestä tuotostasosta, joka selviää lähinnä kokeista 2—4. Kokeen puusto- ja tuotos-tiedot esitetään seuraavassa asetelmassa.

	Rinnankorkeusläpimitta, cm			
	3...5	5...7	7...9	9...11
Taakan koko, dm ³	25,9	19,8	40,0	60,6
Käyttötuntituotos*, i-m ³ /h	9,4	19,1	18,2	14,2
Käyttötuntituotos*, m ³ /h	3,7	7,7	7,3	5,7
Tyhjänäpyörimisaika, %	44	31	43	46
Puun pituus, m	6,9	8,6	9,1	10,6
Puun koko, dm ³	8,1	19,8	40,0	60,6

*Käyttötuntituotosta laskettaessa on keskeytysten osuudeksi oletettu 20 % työajasta.

Tuotos on suurin rinnankorkeusläpimitallaan 5...7 cm:n puilla. Tätä suurempia puita haketettaessa työn tuotos laskee puiden käsittelyhankaluuden lisääntymisen vuoksi.

Toisessa kokeessa selvitettiin työn tuotos haketettaessa kokopuuta, roiskekarsittua rankaa ja huolellisesti karsittua rankaa talvikaan välivarastolla traktorin perävaunuun. Puut oli ajettu varastolle kourakuormaimella varustetulla metsätraktorilla, minkä vuoksi varsinkin kokopuiden irrottaminen käsin pinosta oli raskasta ja aikaa vievää. Kokeen puusto- ja tuotostiedot selviävät seuraavasta asetelmasta. Tuotosluvut, jotka vaikeitten olojen vuoksi jäivät varsin alhaisiksi, kuvaavat varsinaista haketusvaihetta ilman siirtymisiä ja hakekuorman kippausta. Hakkuria syöttämässä oli kaksi miestä.

	Kokopuu	Roiske-karsittu ranka	Hyvin karsittu ranka
Käyttötuntituotos, i-m ³ /h	4,6	6,3	10,6
Käyttötuntituotos, m ³ /h	1,8	2,5	4,2
Tyhjänäpyörimisaika, %	15	14	10
Puun keskikoko, dm ³	10,2	17,9	19,7

Karsimisen ansiosta haketustyö keveni ja tuotos kohosi. Karsittujen puitten parempi tuotos johtui tosin osaksi myös puun koon suurenemisesta.

Kolmannessa kokeessa tutkittiin traktorin katolle asennetun kipattavan hakelaatikon käyttöön perustuvaa Laalahtimenetelmää talviolosuhteissa karsitun koivu- ja leppärangan sekä latvusten palstahaketuksessa. Puut kaadettiin ja kasattiin vasta vähän ennen haketusta, joten ne eivät ehtineet peittyä lumen alle.

Siirtyminen haketuspaikalle ja kippaukseen on laskettu 500 m:n matkaa kohti, sillä on oletettu, että pitempien matkojen takaa hake kuljetetaan käyttöpaikalle esim. traktorin perävaunussa. Tässä kokeessa hake kuljetettiin hakelaatikossa käyttöpaikalle asti. Haketuksen puusto- ja tuotos-tiedot on esitetty seuraavassa asetelmassa.

Työvaihe	Koivu- ja leppäranka 1 syöttäjä 2 syöttäjä 2 syöttäjää Ajanmenekki, cmin/i-m ³		
Siirtyminen haketuspaikalle (500 m)	112	112	112
Haketus	457	270	603
Siirtyminen haketuksessa	91	47	137
Siirtyminen kippaukseen (500 m)	120	120	120
Kippaus	36	36	50
Tehoaikea yhteensä	816	585	1022
Keskeytykset 15 %	122	88	153
Käyttöaika	938	673	1175
Käyttötuntituotos, i-m ³ /h	6,4	8,9	5,1
Käyttötuntituotos, m ³ /h	2,6	3,6	2,0
Tyhjänäpyörimisaika, %	31	33	39
Rungon keskikoko, dm ³	15,0	19,2	13,4
Kasan keskikoko, dm ³	340	435	233

Kahta syöttäjää käytettäessä tuotos oli noin 40 % suurempi kuin yhdellä syöttäjällä. Tuotoksen nousu johtuu osittain myös rungon koon suurenemisesta. Kahta syöttäjää käytettäessä päästiin myös latvusten haketuksessa tyydyttävään tuotokseen, mikä osoittaa, että ne kannattaa ottaa talteen. Korkeaan tuotokseen latvuksen haketuksessa on vaikuttanut myös latvusten suuri keskikoko (13,4 dm³).

Neljännessä kokeessa tutkittiin hakesäkki-menetelmää. Säkit täytettiin palstalla ja tyhjennettiin varastolla perävaunuun. Koikeiltavina oli kolme erilaista säkkimateriaalia. Säkkien kiinnitykseen, irrottamiseen ja tyhjentämiseen kulunut aika oli 22 % kokonaistyöajasta. Eri säkkityyppien välisen käsittelyerojen vuoksi haketustyön tuo-

tos vaihteli 100 m:n kuljetusmatkalla 2,5 i-m³:stä 2,9 i-m³:iin tehotunnissa. 300 m:n kuljetusmatkalla tehotuntituotos vaihteli vastaavasti 1,6 i-m³:stä 1,9 i-m³:iin.

Haketuskokeissa ei yksikään säkki rikkoutunut. Pienistä valmistussarjoista johtuen säkkien hinta muodostui varsin korkeaksi, materiaalista riippuen 135...245 mk/kpl.

72. HJ 10 ja HJ 30 hakkurit

Viidennessä kokeessa haketettiin kevyellä urakoitsijanlinjan hakkurilla (HJ 10, värisivu 2) väliavarastolla (värisivu 2) koivurankaa ja kokopuuta, josta 90 % oli koivua ja 10 % mäntyä. Puut haketettiin traktorin takana irrallaan olevaan 28 m³:n perävaunuun, jolla hake kuljetettiin käyttöpaikalle. Perävaunun täyttyttyä hakkuri irrotettiin traktorin kolmipistekiinnityksestä, perävaunu kiinnitettiin traktoriin ja käytiin tyhjentämässä. Hakkuria käytettiin turboahdetulla 71 kW:n Valmet 903 maataloustraktorilla ja syötettiin traktorin perään kiinnitettyllä Cranab 3010 hydraulikuormaimella. Haketuksen tuotos- ja puustotiedot käyvät ilmi seuraavasta asetelmasta. Kokopuuhaketuksessa työn tuotos jäi noin puolet pienemmäksi kuin karsittujen rankojen haketuksessa.

	Kokopuu	Karsittu ranka
Tehotuntituotos, i-m ³ /h	9,1	17,9
Käyttötuntituotos, i-m ³ /h	7,6	14,8
Käyttötuntituotos, m ³ /h	3,0	5,8
Tyhjänäpyörimisaika, %	31	50
Puun koko, dm ³	5,6	17,4
Taakan koko, dm ³	34,2	36,5

Urakoitsijanlinjan hakkureiden käyttö-tuntikustannuksia laskettaessa on oletettu, että koneilla tehdään normaalia yksivuoro-

Värisivu 2 — The color page 2:

Yläkuva: Sahauspintojen haketusta HJ 10 hakkurilla.

Above: Chipping sawn slabs with HJ 10 chipper.

Vasen alakuva: HJ 6 hakkuri kiinnitettynä traktoriin yhdessä perävaunun kanssa.

Below left: HJ 6 chipper fixed to a tractor together with a trailer.

Oikea alakuva: HJ 6 hakkurilla tehdyn hakkeen nimellispalakoko voidaan säätää 6 mm:stä (oikealla) 26 mm:iin (vasemmalla) saakka.

Below right: The particle size of the chips made by the HJ 6 chipper can be adjusted from 6 mm (right) to 26 mm (left).



työtä 10 kk vuodessa. Tällöin vuotuiseksi käyttötuntimääräksi saadaan 1410 h (ks. liite 1). Vuoden 1982 alun kustannustasolla HJ 10 hakkurin, traktorin ja kuormaimen käyttötuntikustannukseksi muodostui 114 mk/h. Tämän perusteella saadaan kokopuu-haketuksen keskimääräiseksi yksikkökustannukseksi 38,00 mk/m³ ja karsittujen rankojen haketuksen yksikkökustannukseksi 19,65 mk/m³.

Näiden kokemusten perusteella näyttää siltä, että HJ 10 hakkuri on ehkä liian kevyt-rakenteinen ympärivuotista hakeurakointia silmällä pitäen. Sen sijaan se soveltuu hyvin esimerkiksi maanviljelijöiden yhteiskäyttöön, jolloin vuosittain haketettavat puumäärät ovat vielä suhteellisen pieniä ja hakkuria syötetään useassa tapauksessa käsin. Jos on haketettavana suurempia määriä lyhyttä rankaa tai sahausessa syntynyttä pin-tatavaraa, olisi hakkuri syytä varustaa erillisellä ketjukuljettimella varustetulla syöttö-pöydällä. Maatilakäytössä tullaan luonnolli-sesti toimeen kevyemmällä ja halvemmalla traktorilla kuin jatkuvassa urakointityössä.

Kuudes koe poikkesi edellisestä siinä, että hakkurina oli HJ 30 (kuva 4). Muutoin hake-tustyön järjestelyt olivat samat kuin edelli-ssä kokeessa. Haketuksen tuotos- ja puus-totiedot olivat seuraavat:

	Kokopuu	Karsittu ranka
Tehotuntituotos, i-m ³ /h	21,3	29,8
Käyttötuntituotos, i-m ³ /h	17,0	23,8
Käyttötuntituotos, m ³ /h	6,5	9,5
Tyhjänäpyörimisaika, %	29,7	32,5
Puun koko, dm ³	8,2	36,6
Taakan koko, dm ³	43,5	87,8

Kokopuun ja rangan haketustuotokset eroavat jonkin verran toisistaan. Kokopuuta haketettaessa oli käyttötuntituotos 17,0 i-m³/h, kun rungon koko oli vain 8 dm³. Vastaavat luvut taas rankaa haketettaessa oli 23,8 i-m³/h, kun rungon koko oli 37 dm³. Haketustuotokseen on selvästi vaikuttanut rungon koko. Tämän kokoiselle hakkurille edullisin runkokoko on ehkä hieman pie-nempi kuin mitä nyt rangalla oli.

HJ 30 hakkurin käyttäjän ajankäytön rakenne on esitetty taulukossa 2. Selvimmät erot kokopuiden ja rankojen haketuksessa ovat puiden asettelussa syöttölaitteeseen,

kokopuulla 27,5 % ja rangalla 22,2 % sekä odotus syötössä vastaavasti 10,4 % ja 18,2 %. Erot johtuvat selvästi rungon koon vaikutuksesta. Pieniä kokopuita jouduttiin syöttämään suurehkoissa nipuissa ja silloin puiden asettelu syöttölaitteeseen vei enem-män aikaa kuin kookkaiden rankapuiden syöttö. Odotus syötössä näkyi rangalla ole-van selvästi suurempi, olivathan haketet-tavat koivurangat melko järeitä.

Järeämmän urakoitsijanlinjan hakkurin HJ 30 käyttötuntikustannukseksi on saatu 127 mk/h. Kokopuuhaketuksen keskimää-räiseksi yksikkökustannukseksi saadaan 19,50 mk/m³ ja vastaavasti karsittujen ran-kojen haketuksen yksikkökustannukseksi 13,40 mk/m³.

HJ 30 hakkuri soveltuu hyvin pienten ja keski suurten lämpölaitosten haketoimi-tuksiin tähtääville urakoitsijoille. Se on kilpailukykyinen sekä hinnaltaan että tuo-toksiltaan.

Taulukko 2. HJ 30 hakkurin käyttäjän ajankäytön rakenne.

Table 2. Structure of the time expenditure by the HJ 30 chipper operator.

Työvaihe Work phase	Osuus ajankäytöstä, % Share in time expenditure, %	
	Koivu- kokopuu Birch whole-tree	Koivu- ranka Birch tree length
Kouran siirto tyhjänä Moving the grapple when empty	13,1	11,3
Kouraisu Grappling	6,8	5,9
Kouran siirto kuormattuna Moving the grapple when loaded	21,1	22,2
Puiden asettelu syöttölaitteeseen Placing of trees into the feeding device	27,5	22,2
Syötön auttaminen Assisting the feeding	5,2	4,2
Odotus syötössä Waiting during feeding	10,4	18,2
Puiden irrotus kasasta Pulling the trees from the bunch	12,3	14,1
Työpistesiirot Work point movements	3,6	1,9
Yhteensä Total	100,0	100,0



Kuva 4: Junkkari HJ 30 hakkuri.
 Figure 4: The Junkkari HJ 30 chipper.

8. HAKETUKSEN VOIMANKÄYTTÖ

Haketuksen voimankäyttöä tutkittiin kokeessa, jossa hakettava puutavara oli jäätyntä tuoretta leppärunkaa. Rangat jaettiin kolmeen läpimittaluokkaan, jotka kukin käsiteltiin erillisenä aineistona. Taulukko 3 perustuu näissä kokeissa tehtyihin mittauksiin (Heikka ja Piirainen 1982).

Puun koon suurentuessa hakkurin tehontarve kasvaa, mutta kun samalla myös tuotos kasvaa, energiankulutus kuutiometriä kohti pysyy lähes muuttumattomana. Runkakohtaista huippuvääntömomenttia kuvaavat lukusarjat osoittavat, että Junkkari hakkurin traktorin voimansiirtojärjestelmään kohdistama rasitus on varsin kohtuullinen.

Puuaineen tiheys vaikuttaa selvästi voimanottoakseliin kohdistuvaan vääntömomenttiin. Koivulla (tiheys 490 kg/m³) huippuvääntömomentti oli yli kaksinkertainen leppään (tiheys 360 kg/m³) verrattuna. Hakkurin teräpyörän suurella kierrosnopeudella, massalla ja läpimitalla sekä hydraulisella syötöllä näyttää olevan voimansiirtoon kohdistuvia iskumaisia kuormituksia vähentävä vaikutus.

Hakkeen palakoon pieneneminen lisää haketuksen energiankulutusta lastutustyön lisääntymisen vuoksi. Haketukseen käytetyn polttoaineen energia-arvo vastaa kuitenkin

vain 0,1...0,6 % tuotetun hakkeen energia-arvosta, hakkurityypistä ja muista tekijöistä riippuen (Heikka ja Piirainen 1982).

Kyselytutkimukseen vastanneiden HJ 6 hakkurin käyttäjien traktorit ovat maataloillemme tyypillisiä. Ne ovat keskimäärin 6 vuotta vanhoja ja niiden keskiteho on 51 kW. Traktorin tehoa pitää 50 % vastaajista riittävänä (keskiteho 56 kW) ja 46 % keskinäertaisena (48 kW). Traktorin kytkimen, voimanottoakselin, nivelakselin ja hakkurin vaihteiston kestävyyttä pidetään yleensä hyvänä, tai kokemusten puuttuessa ei näihin kohtiin voida vielä vastata. Haketyössä moottorin kierrosnopeus on keskimäärin 1800 r/min. Nivelakselin suojakytkin on 54 %:lla vastaajista.

Taulukko 3. Hydraulisella syöttölaitteella varustetun HJ 6 hakkurin voimankäyttö (Heikka ja Piirainen 1982).

Table 3. Power consumption of HJ 6 chipper, equipped with a hydraulic feeding device (Heikka and Piirainen 1982).

Puun läpimitta, cm Tree diameter, cm	Huippuvääntömomentti, Nm Peak torque, Nm	Energian kulutus, kWh/m ³ Energy consumption, kWh/m ³
2—5	201	2,37
5—10	244	1,89
10—15	427	1,83

9. HAKKEEN OMINAISUUDET

Hakkeen palakoko riippuu mm. syöttönopeudesta ja terien säädöstä. Vakiovarusteisen Junkkari HJ 6 hakkurin tekemän hakkeen nimellispalakokoa voidaan säätää 6...26 mm:n rajoissa. Hydraulisyöttöisellä hakkurilla voidaan tehdä jopa 3 mm:n haketta. Yleisimmin hakkurin omistajat valmistavat alle 10 mm:n palakokoa, koska hienojakeisen hakkeen katsotaan soveltuvan

parhaiten etupesäkattilaan. Etupesän käyttäjät valmistavat keskimäärin 9 mm:n haketta, kun taas ilman etupesää haketta polttavat valmistavat keskimäärin 16 mm:n haketta.

Lähes 80 % vastaajista pitää hakkurin tekemää palakokoa sopivana ja vajaa 10 % liian suurena. Suurin osa vastaajista pitää purun ja hienojakeen määrää sopivana tai

Taulukko 4. HJ 6 hakkurin terien säädön vaikutus lehtikokopuuhakkeen palakokojakaumaan.
 Table 4. Effect of adjusting the blades of HJ 6 chipper on the particle size distribution of hardwood whole-tree chips.

Hakkeen nimellispituus, mm Nominal length of chip particles, mm	0...2	2...4	Paksuus, mm — Thickness, mm 4...6 6...8 Osuus, % — Proportion, %		8...10	10 +	Yhteensä — Total
10	11,6	27,7	36,5	13,4	6,0	4,8	100,0
20	11,7	16,8	18,9	17,1	14,3	21,2	100,0

	0...6	6...13	Pituus, mm — Length, mm 13...19 19...25 Osuus, % — Proportion, %		25...32	32 +	
10	9,1	34,0	32,0	16,2	7,0	1,7	100,0
20	12,6	24,6	23,9	18,5	11,7	8,7	100,0

Taulukko 5. Junkkari HJ 10 hakkurilla valmistetun hakkeen palakokojakauma.
 Nimellispituus 25 mm.

Table 5. Particle size distribution of chips made by the Junkkari HJ 10 chipper.
 Nominal length of chips 25 mm.

Hakelaji Chip assortment	0...2	2...4	Paksuus, mm — Thickness, mm 4...6 6...8 Osuus, % — Proportion, %		8...10	10 +	Yhteensä Total
Kokopuuhake Whole-tree chips	7,3	18,1	25,0	18,7	10,1	20,8	100,0
Rankahake Stem chips	2,4	13,9	37,3	23,4	9,8	13,2	100,0

	0...6	6...13	Pituus, mm — Length, mm 13...19 19...25 Osuus, % — Proportion, %		25...32	32 +	
Kokopuuhake Whole-tree chips	3,8	15,4	18,1	18,5	17,6	26,6	100,0
Rankahake Stem chips	0,7	6,3	15,0	21,6	38,0	18,4	100,0

Taulukko 6. Junkkari HJ 30 hakkurilla valmistetun hakkeen palakokojakauma.
 Nimellispituus 25 mm.

Table 6. Particle size distribution of chips made by the Junkkari HJ 30 chipper.
 Nominal length of chips 25 mm.

Hakelaji Chip assortment	0...2	2...4	Paksuus, mm — Thickness, mm 4...6 6...8 Osuus, % — Proportion, %		8...10	10 +	Yhteensä Total
Kokopuuhake Whole-tree chips	6,5	18,9	33,5	22,4	8,8	9,9	100,0
Rankahake Stem chips	1,9	12,3	37,1	25,1	11,2	12,4	100,0

	0...6	6...13	Pituus, mm — Length, mm 13...19 19...25 Osuus, % — Proportion, %		25...32	32 +	
Kokopuuhake Whole-tree chips	3,6	15,3	21,5	20,3	22,4	16,9	100,0
Rankahake Stem chips	1,2	6,6	14,4	17,7	31,3	28,8	100,0

kohtuullisena.

Terien säädöllä voidaan selvästi vaikuttaa hakkeen palakokoon (ks. myös värisivu 2). Taulukko 4 esittää HJ 6 hakkurin terien säädön vaikutusta palakokojakaumaan. HJ 10 hakkurilla valmistetun kokopuu- ja rankahakkeen palakokojakauma on esitetty taulukossa 5 ja HJ 30 hakkurin taulukossa 6. Hakkurin terät oli säädetty kummassakin tapauksessa 25 mm:n hakepituudelle.

Palamisen kannalta edullisin palakoko

riippuu kattilaratkaisusta. Ruuvisyöttöisten etupesäkattiloiden häiriötön toiminta vaatii yleensä hienojakoista haketta, kun taas karkea hake soveltuu hyvin alapalakattiloihin.

Hakkeen irtotilavuusyksikön tuore- ja kuivamassa oli HJ 30 hakkurilla koivu-kokopuusta tehdyllä hakkeella 309,7 kg/m³ ja 183,9 kg/m³. Koivurankahakkeen vastaavat luvut olivat 302,8 kg/m³ ja 195,7 kg/m³.

10. HJ 6 HAKKURIN KÄYTTÄJIEN KOKEMUKSIA

Kyselytutkimukseen vastasi 129 HJ 6 hakkurin omistajaa, joista 89 % oli maanviljelijöitä. Lähes joka kolmannelle hakkurilla oli kaksi tai useampia omistajia. Vastaajien hakkureista 11 % oli varustettu hydraulisyöttölaitteella.

Suurin osa hakkureista oli ollut käytössä alle vuoden. Tämän vuoksi kokemukset hakkeen valmistamisesta ja polttamisesta olivat vielä vähäisiä. Yleensä vastaajat olivat sitä mieltä, että hakettamalla puu saadaan talteen tarkemmin kuin rankoina korjaamalla ja että hakkeen valmistaminen on perinteisen polttopuun valmistamista helpompaa. Myös hakkeen syöttöä kattilaan pidettiin helppona. Sen sijaan hakkeen varastointi oli vastaajien mielestä odotettua vaikeampaa.

Vastaajien keskimääräinen metsäpinta-ala on yksityisten henkilöiden osalta 84 ha. Alueittaisten keskikasvujen perusteella laskien tutkimuksessa mukana olleiden metsälöiden keskikasvu on noin 300 m³ vuodessa.

Vastaaja oli valmistanut haketta keskimäärin 120 i-m³, josta hän kyselytutkimukseen mennessä oli ennättänyt polttaa 58 i-m³. Vastaushetkellä haketta oli siis runsaasti varastossa. Tulevaksi vuosikäytöksi arvioitiin 107 i-m³, minkä lisäksi samalla hakkurilla arvioitiin valmistettavan haketta muiden käyttöön keskimäärin 113 i-m³ vuodessa.

Noin 90 % vastaajista käyttää haketta asuinrakennuksen lämmittämiseen. Yli puolet heistä lämmittää kuitenkin samalla jotain muutakin rakennusta. Yleistä on karjarakennuksen ja siellä käytettävän

veden lämmitys (48 vastaajaa). Traktori-tallin sekä kone- ja työtilojen lämmittämiseen haketta käyttää 13 vastaajaa. Viljan kuivaamoa lämmitetään yhdeksässä ja kasvi-huonetta viidessä tapauksessa.

Kahdeksan vastaajaa valmistaa haketta myyntiin muille tiloille, osuusmeijereille, kaukolämmityslaitokselle, massan raaka-aineeksi ja kattiloiden koekäyttöön. Kouvolan kaupunki käyttää haketta istutusten kateaineena.

Yleisimmin haketetaan rinnankorkeus-läpimitaltaan keskimäärin 7 cm:n pienpuuta. Arviolta 25...30 % haketettavasta puusta on myytäväksi kelpaavaa ainespuuta. Valtaosa tästä ainespuusta jäisi kuitenkin muutoin metsään korjuukertymien pienuuden vuoksi.

Lähes kaikki vastaajat hakettavat koivu- ja leppäpuuta. Kaksi kolmasosaa hakettaa lisäksi suurten puiden oksia ja latvoja ja yli puolet myös mänty- ja kuusipienpuuta.

Puut haketetaan yleisimmin välivarastolla (42 %), mutta hakettaminen on yleistä myös metsässä (31 %) ja käyttöpaikalla (27 %). Valtaosa vastaajista hakettaa metsässä ja välivarastolla traktorin perävaunuun tai käyttöpaikalla suoraan hakevarastoon. Maahan tai erilliseen traktorissa olevaan säiliöön hakettaminen on harvinaista.

Haketustyön raskautta pitää joka viides vastaaja suurena ja lähes yhtä moni pienenä. Hakkurin aiheuttamaa melua pidetään haketustyön vaikeimpana ergonomisena ongelmana (91 % vastaajista). Lähes kaikki vastaajat käyttävätkin kuulosuojaimia. Metsäntutkimuslaitoksen mittausten mukaan hake-

tustyön keskimääräinen melu syöttöaukon linjalla yhden metrin etäisyydellä syöttösuppilosta HJ 6 hakkurilla on 98 dB ja HJ 10 hakkurilla 102 dB. HJ 10 hakkurin melutaso oli korkeampi siksi että kyseiseen hakuriin mahtuu syöttämään enemmän puita kerralla. Haketuksessa syntyvän pölyn määrää pidetään pienenä erityisesti tuoretta puuta haketettaessa. Monet vastaajat pitivät haketustyötä pitkien rankojen heilumisen vuoksi jonkin verran vaarallisena.

	Suuri	Keskin-kertainen	Pieni	Ei osaa sanoa	Yhteensä
Vastausten jakauma, %					
Työn raskaus	21	60	18	1	100
Hakkurin melu	91	8	—	1	100
Työn pölyisyys	6	41	48	5	100

Noin 40 % vastaajista ajoittaa haketus-työn ympärivuotiseksi ja noin neljännes hakettaa puut syksyllä. Harvinaisinta haketus on keväällä ja talvella. Hake säilytetään tavallisimmin katetussa ulko-varastossa. Sisävarastoinnissa keinokuivaus on harvinaista, mutta halvasta kuivausmenetelmästä ollaan kiinnostuneita. Hakkeen varastointiaika vaihtelee paljon. Yleensä se on alle puoli vuotta.

Hakkeen varastointipaikka	Vastauksia, kpl
Ulkovarasto	
— Kattamaton	10
— Katettu, ei ilmanpuhallusta	53
Sisävarasto	
— Ei ilmanpuhallusta	46
— Kylmäilmapuhalluksella	9
— Lämminilmapuhalluksella	1
Muu varastointi	8
Ei varastointia	2
Yhteensä	129

Kokopuuhakkeessa ilmoitti hometta todenneensa 55 vastaajaa, rankahakkeessa 33 vastaajaa. Sen sijaan 50 vastaajaa ei ollut todennut hometta lainkaan. Tuoreesta puusta tehdyssä hakkeessa hometta esiintyi useammin kuin kuivahtaneesta puusta tehdyssä hakkeessa. Home lisäsi selvästi hakkeen pölyämistä. Todettakoon, että Työtehosteuran maataloilla tekemässä tutkimuksessa hometta löydettiin jokaisesta hakevarastosta (Turkkila ja Knuth 1982).

Maataloilla hakekattila täytetään yleensä sangolla, saavilla, lapiolla tai talikolla. Automaattisia ruuvi-, hihna- tai kolakuljettimia oli vain kahdeksalla vastaajalla. Kolme vastaajaa täyttää kattilan pudottamalla hakkeen siilosta. Haketta siirretään myös lumi-

kolalla, traktorin etu- tai takakuormaajalla tai säkillä.

Yleisimmin Junkkari-haketta poltetaan alapalokattilassa. Kattilan keskimääräinen teho on 34 kW. Vanhoihin yläpalokattiloihin on usein liitetty etupesä. Yläpalokattiloista 77 %:ssa on etupesä, kun alapalokattiloista se on vain 14 %:ssa.

	Vastauksia, kpl
Alapalokattila ilman etupesää	64
Alapalokattila etupesällä	11
Yläpalokattila ilman etupesää	9
Yläpalokattila etupesällä	30
Yhteensä	114

Junkkari-hakkeen käsiteltävyyttä käsin-syötössä pidetään keskinkertaisena tai hyvänä. Tikkuisuus, milloin sitä esiintyy, vaikeuttaa luonnollisesti käsittelyä.

Myös hakkeen syttymistä pidetään hyvänä. Erityisesti rasikuivatusta kokopuusta tehty pienipalainen hake syttyy hyvin. Eräiden mielestä hake palaa rauhallisemmin ja tasaisemmin, jos seassa käytetään hieman sahanpurua.

	Hyvä	Keskin-kertainen	Huono	Ei osaa sanoa	Yhteensä
Vastausten jakauma, %					
Käsiteltävyys					
käsin-syötössä	38	40	2	20	100
Syttyminen	51	27	6	16	100
Palaminen	62	22	1	15	100

Hakkurin hakeputken auki pysymiseen ja hakkeen puhallusmatkaan ollaan tyytyväisiä. Hakeputken sivusäättöä ja terien säätämistä sen sijaan pidetään hankalana. Näihin kohtiin onkin tullut uudessa mallissa muutoksia.

Jos terät ovat tylsät, ne eivät vedä puuta hakkuriin ja alentavat työn tuotosta. Tylsyminen lisää myös voimantarvetta sekä tikkujen ja purun määrää. Kyselytutkimukseen mennessä vasta 73 % vastaajista oli teroittanut terät kerran tai useammin.

Pääomakustannusten alentamiseksi hakureita on hankittu varsin usein myös yhteisiksi. Hakkuri on tuolloin kunkin osakkaan käytössä tarpeen mukaan. Sen sijaan hakkeen valmistuksessa ja traktoreiden omistuksessa yhteistyötä on vain muutamalla vastaajalla.

Yhteiskäytöstä saadut kokemukset ovat myönteisiä. Tarvittaessa hakkuri saadaan hyvin käyttöön. Myös hakkurin kunnossapysymiseen ollaan yleensä tyytyväisiä.

	Hyvä	Keskin- kertainen	Huono	Yhteensä
	Vastausten jakauma, %			
Yhteistyö yleensä	93	7	—	100
Hakkurin käyttönsaanti	100	—	—	100
Hakkurin kunnossa				
pysyminen	66	31	3	100
Kunto edellisen jäljiltä	61	36	3	100

Vastaajien kokemusten perusteella hakuri soveltuu yhteiskäyttöön paremmin kuin monet muut koneet. Yhteiskäytön tarjoamiseen mahdollisuuksiin kustannusten alentamiseksi tulee kiinnittää huomiota nykyistä enemmän.

KIRJALLISUUS

- ALHOJÄRVI, P. 1981. Rasiinkaadolla kuivempaa polttopuuta. Teho 1:31—33.
- HAKKILA, P. 1962. Polttohakepuun kuivuminen metsässä. Summary: Forest seasoning of wood intended for fuel chips. Commun. Inst. For. Fenn. 54(4): 1—82.
- 1978. Pienpuun korjuu polttoaineeksi. Summary: Harvesting small-sized wood for fuel. Folia For. 342:1—36.
- HEIKKA, T. & PIIRAINEN, K. 1982. Pienhakkureiden voimankäyttö. Summary: Power consumption of small chippers. Folir For. 496:1—22.
- KÄRKKÄINEN, M. 1981. Polttopuun rasiinkaadon ja muiden kuivatusmenetelmien perusteet. Summary: Foundations of leafseasoning and other drying methods of fuelwood. Folia For. 459:1—15.
- MATSSON, J.E. & SUNDSTEDT, E. 1978. Skogsavfall som bränsle. Småskogsnytt. Svenska lantbruksuniversitet. Inst. för skogsteknik. Stencil nr 1.
- OKSANEN, E.H., NURMISTO, U. & SIPPOLA, J. 1980. Lämpöhuolto-opas. Kotoisen energian korjuu ja käyttö maataloilla. Työtehoseuran julkaisuja n:o 230.
- OLOFSSON, L. 1975. Värmevärden för olika delar av tall, gran och björk. Summary: Heating values for different parts of pine, spruce and birch. Rapp. Uppsats. Inst. Skogsteknik. Skogshögskolan 90:1—47.
- SIMOLA, P. & MÄKELÄ, M. 1976. Rasiinkaato kokopuiden korjuussa. Summary: Leafseasoning method in whole-tree logging. Folia For. 273:1—17.
- TURKKILA, K. & KNUTH, S. 1982. Homeiden määrä ja laatu maatalojen hakkeessa. Summary: The amount and species of the moulds in the chips of farms. Työtehoseuran metsätiedotus 1/1982.

ODC 363.7
ISBN 951-40-0565-1
ISSN 0015-5543

KALAJA, H. & RANTAMAULA, J. 1982. Junkkari laikkahakkurit. Abstract: Junkkari disc chippers. Folia For. 513:1—19.

Junkkari Oy from Ylihärmä, Finland manufactures disc chippers both for farmers' and contractors' use. At the moment the company has four different types of chippers on the market.

The output, cost, methods of working, users' experience and other factors related to chipping with Junkkari chippers were studied. Experience of chipping and burning the chips is generally positive, whereas storing the chips is considered somewhat problematic.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

ODC 363.7
ISBN 951-40-0565-1
ISSN 0015-5543

KALAJA, H. & RANTAMAULA, J. 1982. Junkkari laikkahakkurit. Abstract: Junkkari disc chippers. Folia For. 513:1—19.

Junkkari Oy from Ylihärmä, Finland manufactures disc chippers both for farmers' and contractors' use. At the moment the company has four different types of chippers on the market.

The output, cost, methods of working, users' experience and other factors related to chipping with Junkkari chippers were studied. Experience of chipping and burning the chips is generally positive, whereas storing the chips is considered somewhat problematic.

Authors' address: The Finnish Forest Research Institute, Unioninkatu 40 A, SF-00170 Helsinki 17, Finland.

Tilaan kortin kääntöpuolelle merkitsemäni julkaisut (julkaisun numero mainittava).

Please, send me the following publications (put number of the publication on the back of the card).

Nimi
Name _____

Osoite
Address _____

Metsäntutkimuslaitos
Kirjasto/Library
Unioninkatu 40 A
SF-00170 Helsinki 17
FINLAND



Folia Forestalia _____

Communicationes Instituti Forestalis Fenniae _____

Huomautuksia & tiedusteluja _____

Remarks & calls for information _____

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

THE FINNISH FOREST RESEARCH INSTITUTE

Tutkimusosastot — *Research Departments*

Maantutkimusosasto
Department of Soil Science

Suontutkimusosasto
Department of Peatland Forestry

Metsänhoidon tutkimusosasto
Department of Silviculture

Metsänjalostuksen tutkimusosasto
Department of Forest Genetics

Metsänsuojelun tutkimusosasto
Department of Forest Protection

Metsäteknologian tutkimusosasto
Department of Forest Technology

Metsänarvioimisen tutkimusosasto
Department of Forest Inventory and Yield

Metsäekonomian tutkimusosasto
Department of Forest Economics

Matemaattinen osasto
Department of Mathematics

Metsäntutkimusasemat — *Research Stations*

Parkanon tutkimusasema
Parkano Research Station
Os. — Address: 39700 Parkano, Finland
Puh. — Phone: (933) 2912

Muhoksen tutkimusasema
Muhos Research Station
Os. — Address: 91500 Muhos, 1 kp, Finland
Puh. — Phone: (981) 431 404

Suonenjoen tutkimusasema
Suonenjoki Research Station
Os. — Address: 77600 Suonenjoki, Finland
Puh. — Phone: (979) 11 741

Punkaharjun jalostuskoeasema
Punkaharju Tree Breeding Station
Os. — Address: 58450 Punkaharju, Finland
Puh. — Phone: (957) 314 142

Ojajoen koeasema
Ojajoki Experimental Station
Os. — Address: 12700 Loppi, Finland
Puh. — Phone: (914) 40 356

Kolarin tutkimusasema
Kolari Research Station
Os. — Address: 95900 Kolari, Finland
Puh. — Phone: (995) 61 401

Rovaniemen tutkimusasema
Rovaniemi Research Station
Os. — Address: Eteläranta 55
96300 Rovaniemi 30, Finland
Puh. — Phone: (991) 15 721

Joensuun tutkimusasema
Joensuu Research Station
Os. — Address: PL 68
80101 Joensuu 10, Finland
Puh. — Phone: (973) 28 311

Ruotsinkylän jalostuskoeasema
Ruotsinkylä Tree Breeding Station
Os. — Address: 01590 Maisala, Finland
Puh. — Phone: (90) 824 420

Kannuksen energiametsätoimipiste
Kannus Energy Forestry Station
Os. — Address: 69100 Kannus, Finland
Puh. — Phone: (968) 71 161

- No 492 Teivainen, Terttu, Kananen, Aino & Kuhlman, Eeva: Vesimyyrän aiheuttamat tuhot männyn siemenviljelmillä Keski-Suomessa vuonna 1979/80.
Water vole (*Arvicola terrestris*) damage in Scots pine seed orchards in Central Finland during 1979/80.
- No 493 Ferm, Ari & Sepponen, Pentti: Aurasjäljen muuttuminen ja kasvillisuuden kehittyminen metsänuudistusaloilla Lapissa 10 vuoden aikana.
Development of ploughed tracks and vegetation on reforestation areas in Finnish Lapland during a period of 10 years.
- No 494 Vanhanen, Heidi & Pajunen, Leevi: Metsurin työvälinekustannukset 1980.
Forest workers' equipment costs in Finland in 1980.
- No 495 Huttunen, Terho: Suomen puunkäyttö, poistuma ja metsätase 1979—81.
Wood consumption, total drain and forest balance in Finland, 1979—81.
- No 496 Heikka, Timo & Piirainen, Kimmo: Pienhakkureiden voimankäyttö.
Power consumption of small chippers.
- No 497 Heikkilä, Risto: Männyn istutustaimikkojen tuhot Pohjois-Suomessa.
Damage in Scots pine plantations in northern Finland.
- No 498 Rantamaula, Jari: Hakkuutähteiden haketus kevyellä kalustolla.
Chipping logging residues with light-weight equipment.
- No 499 Järveläinen, Veli-Pekka: Hakkuukäyttäytyminen yksityismetsälöillä.
Cutting behaviour in Finnish private woodlots.

1982

- No 500 Puu energiaraaka-aineena. Kokousesitelmät.
Wood as a raw material for energy production. Symposium papers.
- No 501 Kärkkäinen, Matti: Pölyyittäinen kuitupuun mittausta.
Measurement of pulpwood by the bolt.
- No 502 Etholén, Kullervo & Huuri, Leena: Visakoivua käsittelevä kirjallisuus.
Bibliography on curly birch, *Betula pendula* var. *carelica* (Mercklin).
- No 503 Löyttyniemi, Kari: Männyntaimikkojen hirvivahingot 1950-luvun alussa.
Moose (*Alces alces*) damage in young pine stands in Finland at the beginning of the 1950's.
- No 504 Valsta, Lauri: Istutuskusikon kasvatustiheyksien liiketaloudellinen vertailu.
Profitability comparison of growing densities in spruce plantations.
- No 505 Petäistö, Raija-Liisa: Juurten leikkaamisen jälkeinen sienitautiriski havupuun taimilla taimitarhalla.
Risk of fungal infection on coniferous seedlings after root pruning in forest nurseries.
- No 506 Eeronheimo, Olli: Tapio-kuormainharvesteri maataloustraktorissa.
Farm tractor mounted Tapio tree harvesting head.
- No 507 Puro, Tiina: Lannoitusajankohdan merkitys eri puulajien kasvureaktiossa.
Effect of fertilization time on growth reaction of different tree species.
- No 508 Jokinen, Pekka & Kellomäki, Seppo: Havaintoja metsikön kasvutiheyden vaikutuksesta runkojen oksaisuuteen varttuneissa männyn taimikoissa.
Observations on the effect of spacing on branchiness of Scots pine stems at pole stage.
- No 509 Oker-Blom, Pauline & Kellomäki, Seppo: Metsikön tiheyden vaikutus puun latvuksen sisäiseen valoilmastoon ja oksien kuolemiseen. Teoreettinen tutkimus.
Effect of stand density on the within-crown light regime and dying-off of branches. Theoretical study.
- No 510 Metsätilastollinen vuosikirja 1981.
Yearbook of Forest Statistics 1981.
- No 511 Pelkonen, Heikki, Tuomi Pertti & Valtanen, Jukka: Männyn viljelytaimikoiden kunto 10 vuoden iällä Taivalkoskella.
Survival of pine on reforested sites in northern Finland.
- No 512 Annala, Erkki: Lindaanin käyttö männyn paperikennotaimien suojaamiseksi tukkimiehentäin tuhoilta.
Lindane treatment against Hylobius damage on Paper pot seedlings of Scots pine.
- No 513 Kalaja, Hannu & Rantamaula, Jari: Junkkari laikkahakkurit.
Junkkari disc chippers.
- No 514 Kärkkäinen, Matti & Salmi, Juhani: Kuitupuupinojen painuminen.
Shrinkage of pulpwood piles.
- No 515 Kärkkäinen, Matti & Uusvaara, Olli: Nuorten mäntyjen laatuun vaikuttavia tekijöitä.
Factors affecting the quality of young pines.
- No 516 Päivänen, Juhani: Hakkuun ja lannoituksen vaikutus vanhan metsäojitusalueen vesitalouteen.
The effect of cutting and fertilization on the hydrology of an old forest drainage area.

Metsäntutkimuslaitoksen julkaisusarjoja, Communicationes Instituti Forestalis Fenniae ja Folia Forestalia, koskevat yksittäiskappaleilaukset ja vaihtotarjoukset osoitetaan laitoksen kirjastolle. Tiedonantomoniisteita koskevat pyynnöt osoitetaan ao. tutkimusosastolle tai -asemalle.
Subscriptions concerning single copies of the publications, as well as exchange offers, can be addressed to the Library of the Institute.